ROLA KONSTRUKCJI W GENEZIE JAKOŚCI MASZYN I APARATÓW PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Henryk Popko, Waldemar Raczko

Instytut Maszyn Spożywczych w Warszawie, Politechnika Lubelska

W Polsce, niespełna 10 % zapotrzebowania przemysłu spożywczego na maszyny i aparaty pokrywane jest produkcją własną, a więc ponad 90 % instalowanych w przemyśle spożywczym maszyn pochodzi z importu. Produkcja maszyn przemysłu spożywczego, aczkolwiek jest stosunkowo trudna i wymaga głębokiej wiedzy, może stanowić istotny przyczynek do rozwoju przemysłu spożywczego stanowiącego jeden z głównych kierunków rozwoju gospodarczego kraju.

Prezentujemy pogląd, że wysoka jakość jest determinantą, nieodzownym i wystarczającym zarazem warunkiem rozwoju produkcji każdej dziedziny maszyn, zaś maszyn dla przemysłu spożywczego w szczególności.

Zachodzi więc konieczność podjęcia próby analizy wpływu prac wykonywanych w poszczególnych etapach cyklu wytwórczo-konstrukcyjnego na jakość maszyn.

Jakość maszyny można określić stopniem spełnienia stawianych jej wymagań, stąd też ustalenie wzajemnych korelacji między wymaganiami i stopniem ich spełnienia w poszczególnych etapach budowy i eksploatacji maszyn jest ze wszech miar celowe.

ANALIZA WYMAGAŃ STAWIANYCH MASZYNOM I APARATOM

Do podstawowych etapów budowy i eksploatacji maszyn można zaliczyć:
- opracowanie konstrukcji,
- budowę, technologię wykonania,
- instalację,
- eksploatację.

Wszystkie etapy budowy i użytkowania maszyn są sprzężone wzajemnie, w wyniku czego o wysokiej jakości produkowanych maszyn decyduje prawidłowość realizacji prac we wszystkich etapach zarówno ich budowy, jak i eksploatacji. Każdy z etapów budowy i eksploatacji stawia maszynom określone wymagania.

Przykładowo:
- wymagania eksploatacyjne dotyczą zapewnienia przez maszynę wymaganego przebiegu, a szczególnie wartości parametrów realizowanych procesów, określonej trwałości i niezawodności, spełnienia wymagań higieny, zapewnienia wysokiej jakości obrabianych produktów np. przez ograniczenie do minimum oddziaływań ubocznych maszyn itp. Wymagania eksploatacyjne stanowią największą i zarazem

najistotniejszą grupę wymagań, bowiem każda maszyna budowana jest po to, aby być eksploatowaną, eksploatacja jest więc celem każdej maszyny;
- wymagania instalacyjne dotyczą korelacji między parametrami współpracujących maszyn, umieszczenia maszyny w określonych warunkach, ustalenia najwłaściwszych parametrów pracy, przeszkolenia osób obsługujących maszynę itp.;
- wymagania technologii wykonania maszyn przemysłu spożywczego są znacznie wyższe w porównaniu do wymagań technologicznych stawianych maszynom innych dziedzin, bowiem jak powszechnie wiadomo maszyny przemysłu spożywczego w decydującej mierze wykonywane są ze stali stopowych najczęściej kwasoodpornych, które są trudno obrabialne. Często małoseryjna a nawet jednostkowa produkcja maszyn przemysłu spożywczego ogranicza do minimum możliwość stosowania wyspecjalizowanego oprzyrządowania technologicznego, co łącznie z właściwościami stali wysokostopowych komplikuje proces technologiczny;
- wymagania konstrukcyjne stawiane maszynom przemysłu spożywczego uwarunkowane są szeregiem przyczyn, do których można zaliczyć niewystarczający wciąż jeszcze rozwój teorii konstrukcji maszyn przemysłu spożywczego, brak wyczerpujących opracowań dotyczących podstaw konstrukcji i obliczeń nawet zasadniczych typów maszyn, trudności wynikające z konieczności stosowania stali kwasoodpornych, np. wysoka wrażliwość tych stali na działanie karbów przy obciążeniach zmęczeniowych itp. oraz nie zawsze jeszcze doceniana w zakładach produkujących maszyny przemysłu spożywczego rola konstruktora wyposażonego w nowoczesne narzędzia pracy, np. wspomaganie komputerowe.

ROLA KONSTRUKCJI W GENEZIE JAKOŚCI MASZYN I APARATÓW

Stopień spełnienia przez maszynę stawianych wymagań, a więc jakość maszyny powstaje na etapie jej opracowania, tj. w decydującej mierze na etapie opracowania konstrukcji, zaś prawidłowość realizacji prac we wszystkich pozostałych etapach jest już w zasadzie metodą utrzymania tej jakości.

Różny jest zasięg i znaczenie usterek wynikających z niespełniania wymagań na poszczególnych etapach budowy i eksploatacji maszyn. Począwszy od opracowania konstrukcji a kończąc na eksploatacji błędy i usterki popełnione na danym etapie realizacji najczęściej nie dają się naprawić w następnych etapach i w konsekwencji obniżają lub dyskryminują przydatność nierzadko wyprodukowanej już maszyny. Przykładowo nawet najlepiej skonstruowana, wykonana i zainstalowana, jednakże źle eksploatowana maszyna nie zapewni wymaganych wysokich parametrów pracy. Usterki i błędy powstałe w czasie budowy zazwyczaj nie dadzą się usunąć najwłaściwszymi nawet zabiegami stosowanymi w procesie eksploatacji.

Różny jest również zasięg usterek popełnionych na poszczególnych etapach budowy i eksploatacji maszyn. Błędy popełnione na etapie eksploatacji maszyny najczęściej dotyczą określonego egzemplarza maszyny, błędy popełnione na etapie instalacji, wykonywanej najczęściej przez wyspecjalizowaną ekipę producenta, mogą już mieć szerszy zasięg, zaś błędy poczynione na etapie budowy, a tym bardziej opracowania konstrukcji dotyczą wszystkich wyprodukowanych maszyn i są znacznie bardziej brzemienne w skutki.

Różny jest również zakres stawianych wymagań. O jakości maszyny decyduje w zasadzie stopień spełnienia wymagań eksploatacyjnych, które stanowią tylko część wymagań, jakie musi spełnić konstruktor.

Problematyka konstrukcji maszyny obejmuje znacznie szerszy zakres zagadnień, które muszą być w maksymalnym stopniu poznane i spełnione, bowiem tylko wówczas możliwe jest wytworzenie na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej maszyny o wymaganej wysokiej jakości.

Reasumując można wyciągnąć wniosek, że przytoczone analizy potwierdziły tezę, że głównym i pierwszym zarazem etapem budowy maszyn, decydującym o jej jakości, a nawet praktycznej przydatności, jest opracowanie konstrukcji, stąd też ze wszech miar wskazane jest szersze przeanalizowanie niektórych zagadnień dotyczących tego problemu.

SPECYFIKA PRACY KONSTRUKTORA MASZYN PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Maszyny przemysłu spożywczego ze względu na dużą różnorodność, w praktyce przemysłowej stosowanych jest ponad 20 tysięcy typów maszyn, i przeważnie małoseryjną a często nawet jednostkową produkcję oraz ciągłe uzupełnianie wymagań wynikających z rozwoju nauki o żywności i żywieniu, nie mają tradycyjnego zaplecza i tylko w niektórych przypadkach, w czasie opracowania konstrukcji, można wykorzystywać istniejące już pierwowzoru.

Z drugiej strony w czasie opracowywania konstrukcji nie zawsze można planować wykonanie i badanie prototypów, a tym bardziej serii informacyjnych, bowiem są to działania długotrwałe i kosztowne.

Konstruktor maszyn przemysłu spożywczego stoi więc przed trudnymi zadaniami wynikającymi z konieczności opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn o wysokiej jakości przy jednoczesnym stosunkowo skromnym zakresie posiadanych informacji, co określa i determinuje specyfikę jego pracy i stawia przed konstruktorem nowe, dotychczas mało poznane zadania.

W procesie opracowania konstrukcji maszyn, szczególnie maszyn i aparatów przemysłu spożywczego, można wyodrębnić trzy podstawowe grupy problemów, których rozwiązanie warunkuje wysoką jakość maszyn:

- określenie natężenia I przepływu przez maszynę lub aparat masy m i energii E uwarunkowanego wymogami realizowanych procesów, najczęściej stanowiącego funkcję powierzchni przenikania masy i energii A, czasu trwania procesu τ, współczynnika i oporu przenikania masy i energii odpowiednio k i R, różnicy potencjałów wywołujących przenikanie masy i energii ΔV itp.

  Wykorzystując równania potrójnej analogii, wzór na określenie I można przedstawić w uogólnionej postaci

$$I = \frac{d(m,E)}{d\tau} = Ak\Delta V = \frac{A\Delta V}{R} \tag{1}$$

  Przykładowo, natężenie przepływu przez aparat cieplny masy, uwarunkowane wymogami realizowanych procesów można opisać równaniem w postaci

$$I = \frac{Ak_c\Delta T}{q} = \frac{A\Delta T}{qR_c} \tag{2}$$

gdzie: k_c - współczynnik przenikania ciepła,
ΔT - różnica temperatur,
q - ciepło jednostkowe, ilość ciepła zużywana do obróbki jednostkowej np. 1 kg produktu,
R_c - opór przenikania ciepła.

- określenie wydajności W maszyn i aparatów uwarunkowanej między innymi wymiarami, prędkościami ruchu, postacią konstrukcyjną elementów roboczych itp.

Przykładowo, wydajność maszyn i aparatów o działaniu ciągłym prze-znaczonych do obróbki produktów sypkich lub płynnych o gęstości ρ, rozmieszczonych ciągle, o powierzchni przekroju poprzecznego warstwy A_1, współczynniku nie-równomierności przekroju warstwy φ, przemieszczanych przez maszynę ze stałą prędkością ϑ i n-krotnej obróbce można obliczyć ze wzoru

$$W = \frac{A_1\vartheta\rho\varphi}{n} \tag{3}$$

- ustalenie wzajemnych korelacji między podstawowymi parametrami maszyn i aparatów oraz parametrami realizowanych procesów. Problem ten wydaje się najmniej poznany. Jedną z metod, rozwiązania tego problemu może być wykorzystanie uprzednio zaproponowanej [1] liczby kryterialnej P_o opisującej funkcyjną zależność między wydajnością maszyny W i natężeniem I przepływu przez maszynę lub aparat masy lub energii np. w postaci stosunku tych wielkości

$$P_o = \frac{W}{I} \tag{4}$$

Przy właściwie eksploatowanych maszynach i aparatach wartość P_o powinna zbliżać się do jedności, tj. $P_o \approx 1$.

Przy $P_o >> 1$ produkt jest niedostatecznie obrobiony, co obniża jego wartość, przy $P_o << 1$ produkt jest obrobiony zbyt intensywnie, co również obniża jakość produktu i w konsekwencji może doprowadzić wręcz do jego uszkodzenia.

Rozwinięte, przytoczone wyżej cztery równania, mogą spełniać również rolę równań optymalizacyjnych w procesie optymalizacji konstrukcji maszyn i aparatów. Przykładowo, jednostkowe zużycie energii e_m w maszynach, do których jest doprowadzany produkt w postaci ciągłej warstwy można obliczyć z zależności w postaci:

$$e_m = \frac{P_o n A k_e \Delta V_e}{A_1\vartheta\rho\varphi\eta} \tag{5}$$

gdzie: η - współczynnik sprawności maszyny.

Przyjmując właściwe rozwiązania konstrukcyjne można w istotny sposób podnieść jakość maszyny. Przykładowo współczynnik sprawności mechanicznej maszyny zależy od konstrukcji ogniw i węzłów maszyny, ponadto zależy również od rodzaju smarowania i warunków, w jakich pracuje maszyna, a więc od jej obciążenia i prędkości.

Ogólnie sprawność mechaniczna wzrasta wraz ze wzrostem obciążenia i maleje wraz ze wzrostem prędkości przy innych ustalonych warunkach pracy maszyny.

Jednakże występujące w maszynach straty energii wzrastają zarówno przy wzroście obciążenia, jak i prędkości. Przyjmowane nierzadko założenie, że straty energii występujące w maszynie nie zależą od stanu obciążenia i równe są stratom występującym przy biegu luzem są już w obecnej chwili nieprzydatne przy rozwiązywaniu problemów inżynierskich i wręcz niedopuszczalne przy pracach naukowych. Ponadto wartość szeregu innych parametrów wchodzących w skład równań 1 - 5 zależy w sposób istotny od przyjętych postaci konstrukcyjnych projektowanych maszyn i urządzeń, co wymaga każdorazowo indywidualnych analiz.

WNIOSKI

W konkluzji można wyciągnąć szereg istotnych wniosków, do których w pierwszej kolejności można zaliczyć:

1. Nieodzowne jest rozwinięcie w Polsce własnej produkcji maszyn przemysłu spożywczego o wysokiej jakości [2].
2. Wysoka jakość maszyn powstaje w czasie opracowania ich konstrukcji, konieczne jest więc zwiększenie nakładów na rozwój prac badawczo - konstrukcyjnych w dziedzinie maszyn przemysłu spożywczego np. poprzez zwiększenie dofinansowania z Komitetu Badań Naukowych działalności statutowej Instytutu Maszyn Spożywczych.
3. Ważny jest również rozwój biur konstrukcyjnych w zakładach produkujących maszyny przemysłu spożywczego, co jest koniecznym warunkiem uzyskania wysokiej jakości, a więc i możliwości rozwoju produkcji maszyn przemysłu spożywczego.

LITERATURA

1. Popko H., Popko R.: Nowa uniwersalna metoda doboru i oceny efektywności wykorzystania maszyn i aparatów. Wydawnictwa PL., Lublin, 1984.
2. Raczko W., Popko H. i inni: Optymalizacja konstrukcji maszyn przemysłu spożywczego. Działalność statutowa, Warszawa - Lublin, praca niepublikowana, 1992 - 1995.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono rolę konstrukcji w genezie jakości zarówno w budowie jak i eksploatacji maszyn. Udowodniono tezę o celowości rozszerzenia produkcji w kraju maszyn przemysłu spożywczego o wysokiej jakości, co warunkuje konieczność zwiększenia przez Komitet Badań Naukowych nakładów finansowych na działalność naukową Instytutu Maszyn Spożywczych oraz rozwój biur konstrukcyjnych w zakładach produkujących maszyny przemysłu spożywczego.

THE ROLE OF THE DESIGN IN THE ORIGIN OF QUALITY OF MACHINERY AND APPARATA USED IN FOOD INDUSTRY

Summary

The role of design in the origin of quality has been presented in the construction and operation of machines. It has been proven that the rise in the production of hign - quality machines used in food industry is highly expedient. That fact necessitates the Scientific Research Committee on research undertaken by the Institute for Food-Industry Machinery as well as by design departments in plants manufacturing machines for food industry.